

中等职业学校教材
汽车运用与维修专业



汽车发动机 构造与维修

李全利 主编 邹小明 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
www.phei.com.cn

中等职业学校教材

汽车发动机构造与维修

(汽车运用与维修专业)

李全利 主编
邹小明 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 提 要

本书主要讲述车发动机的原理和总体构造, 发动机曲柄连杆机构与配气机构的构造, 常见故障与维修方法, 发动机各系统的主要组成、构造、常见故障与维修方法等方面的内容。在编写内容上, 本着循序渐进的原则, 着重突出本学科的科学性和系统性, 做到理论联系实际, 通俗易懂。

本书可作为中等职业学校汽车运用与维修专业及相关专业教材, 同时也可供汽车维修行业的技师、技术钻研新知、提高技能和升级阅读。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车发动机构造与维修/李全利主编. —北京: 电子工业出版社, 2002. 9
中等职业学校教材(汽车运用与维修专业)

ISBN 7-5053-8002-8

I. 汽… II. 李 III. ①汽车-发动机-构造-专业学校-教材②汽车-发动机-车辆修理-专业学校-教材
IV. U472.43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 069181 号

责任编辑: 夏平飞 张玉栋 特约编辑: 吕亚增
印 刷: 北京兴华印刷厂
出版发行: 电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>
北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036
经 销: 各地新华书店
开 本: 787×1092 1/16 印张: 21 字数: 538 千字
版 次: 2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷
印 数: 5000 册 定价: 25.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。
联系电话: (010)68279077

前 言

为全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,并努力着眼于不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需求,特专门组织力量编写一套为教学提供比较和选择的“汽车运用与维修专业主干课程”教材:《汽车材料》、《汽车发动机构造与维修》、《汽车底盘构造与维修》、《汽车电气设备构造与维修》、《汽车使用性能与检测》、《电控发动机维修》、《自动变速器维修》。共计7册。

本书是根据教育部审定的中等职业学校汽车运用与维修专业(三年制)通用的《汽车发动机构造与维修课程教学大纲》编写的。在编写过程中,笔者特别注意了对学生分析问题、解决问题的能力以及从事该专业岗位的职业能力的培养,并力求反映中等职业教育的特点。该书不仅可作为各地“一纲多版本”的选用教材,同时也可供汽车维修行业的技师、等级技工钻研新知、提高技能和升级阅读。

本书主要讲述发动机的原理和总体构造,发动机曲柄连杆机构与配气机构的构造,常见故障与维修方法,发动机各系统的主要组成、构造、常见故障与维修方法等方面的内容。在编写内容上,本着循序渐进的原则,着重突出本学科的科学性和系统性,做到理论联系实际,通俗易懂。在内容的取舍上,照顾了广度,控制了深度,符合当前汽车运用与维修行业对中等专业人才知识的要求。

本课程是中等职业技术学校汽车运用与维修专业的一门主要专业课程,其教学目的旨在培养学生掌握汽车发动机的基本结构、维护和修理方面的系统知识,使学生具备对汽车发动机进行结构分析、常规维护和修理的基本技能。学时数为150~174学时。

大纲要求的“选用模块”部分,在各章节前以“*”标志。

本书共分十章,由李全利主编并统稿。其中第一、二、四、五、六、八、九、十章由李全利编写;第三、七章由蔺宏良编写。

本书由邹小明主审。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中缺点和错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

第一章 发动机的工作原理和总体构造	1	二、活塞销响	49
第一节 发动机的分类	1	三、活塞敲缸响	49
第二节 四冲程发动机工作原理	2	第七节 发动机异响检测仪的使用	50
一、单缸发动机构造及术语	2	第八节 气缸体的检修	51
二、四冲程汽油机工作原理	3	一、气缸体裂纹检修	51
三、四冲程柴油机工作原理	4	二、气缸体变形的检修	51
第三节 二冲程发动机工作原理	5	三、气缸体磨损的检验	54
一、二冲程汽油机工作原理	5	四、气缸的镗削	55
二、二冲程柴油机工作原理	7	五、气缸的珩磨	57
第四节 发动机的总体构造	7	六、气缸的激光淬火	59
第五节 内燃机产品名称和型号编制规则 ..	14	七、气缸套的镶换	60
第二章 曲柄连杆机构	16	第九节 气缸盖与飞轮壳的检修	61
第一节 概述	16	一、气缸盖检修	61
第二节 机体组	16	二、飞轮壳的检修	61
一、气缸体	16	第十节 活塞组的选配	62
二、气缸盖	21	一、活塞的选配	62
三、气缸垫	23	二、活塞环的选配	63
四、油底壳	24	三、活塞销的选配	66
五、发动机的支撑	24	第十一节 连杆组的修理	67
第三节 活塞连杆组	26	一、连杆变形的检验与校正	67
一、活塞	26	二、连杆衬套的修复	69
二、活塞环	31	三、连杆其他损伤的检修	70
三、活塞销	34	第十二节 活塞连杆组的组装	70
四、连杆	35	第十三节 曲轴的耗损及检验	72
五、连杆轴承(轴瓦)	38	一、曲轴的裂纹检验	72
第四节 曲轴飞轮组	39	二、曲轴的磨损与检验	72
一、曲轴	39	三、曲轴的变形与检验	73
二、曲轴扭转减振器	45	第十四节 曲轴飞轮组的修理	74
三、飞轮	45	一、曲轴轴颈修理尺寸的确定	75
第五节 发动机异响诊断概述	46	二、曲轴主轴颈的磨削	75
一、发动机异响的本质	47	三、曲轴连杆轴颈的磨削	76
二、发动机异响的类型及异响原因	47	四、飞轮的修理	77
三、发动机异响的影响因素	47	五、曲轴扭转减振器的检查	77
第六节 曲柄连杆机构常见异响的人工诊断	48	第十五节 曲轴轴承的选配	77
一、连杆轴承响	48	一、轴承的耗损	78
		二、曲轴轴承配合间隙的检验	78
		三、轴承的选配	79

第三章 配气机构的构造与维修	80	四、散热器检修	134
第一节 气门式配气机构的布置及传动	80	五、水泵的维修	135
一、气门的布置形式	80	六、硅油风扇离合器的检查	136
二、凸轮轴的布置形式	81	第五章 发动机润滑系	137
三、凸轮轴的传动方式	83	第一节 发动机润滑系的组成	137
四、每缸气门数及其布置方式	84	一、润滑方式	137
五、气门间隙	85	二、润滑系组成	137
第二节 配气相位	86	第二节 润滑系的油路	138
一、进气门的配气相位	86	第三节 润滑系主要部件	142
二、排气门的配气相位	87	一、机油泵	142
第三节 配气机构的主要零部件	88	二、机油滤清器	144
一、气门组	88	三、机油散热器	149
二、气门传动组	91	第四节 曲轴箱通风	149
第四节 配气机构的检修	97	第五节 润滑系常见故障的诊断	152
一、气门、气门导管和气门座的检修	97	一、机油压力过低	152
二、气门弹簧组的检修	101	二、机油压力过高	152
三、摇臂及摇臂轴组的检修	102	三、机油消耗过多	153
四、气门挺柱、推杆的检修	103	第六节 润滑系的检测与调整	155
五、正时胶带和正时链齿轮的检修	104	一、保持正常的润滑油压力和油面高度	155
六、正时链条、正时链轮的检修	105	二、机油限压阀的检查	155
七、凸轮轴的检修	106	三、润滑系各阀门的检查	156
九、配气机构的装配与调整	108	四、离心式机油细滤器的检查	156
* 第五节 VTEC 系统简介	115	五、机油压力表及其传感器和报警电路	
第四章 发动机冷却系	118	的检测	156
第一节 水冷系的组成及水路	118	第七节 润滑系的维修	156
第二节 水冷系主要部件的构造	119	一、润滑系的维护	156
一、散热器	119	二、机油泵的修理	156
二、风扇	121	三、机油滤清器的修理	157
三、水泵	122	第六章 汽油机燃料供给系	158
第三节 冷却强度的调节装置	124	第一节 汽油机燃料供给系的组成	158
一、百叶窗	124	第二节 简单化油器及可燃混合气的形成	158
二、硅油风扇离合器	124	一、简单化油器	158
三、电磁风扇离合器	125	二、简单化油器特性	159
四、节温器	126	第三节 可燃混合气成分对发动机工作	
第四节 风冷系	127	的影响	160
第五节 冷却系常见的故障诊断	129	一、发动机对燃料燃烧的要求	160
一、冷却液充足但发动机过热	129	二、不同成分的混合气对动力性和经济性	
二、发动机突然过热	130	的影响	160
三、冷却液消耗异常	132	三、汽车发动机各种工况对可燃混合气	
四、冷却液温度过低	132	成分的要求	161
第六节 冷却系主要零部件的检修	133	第四节 化油器的各工作系统	162
一、冷却液数量的检查	133	一、主供油系统	162
二、风扇皮带张紧力的检查	133	二、怠速系统	163
三、节温器的检修	133	三、加浓系统	164

四、加速系统(加速泵)	165	二、柴油机燃料供给系的组成	213
五、起动系统	166	第二节 可燃混合气的形成与燃烧室	214
第五节 化油器构造	166	一、可燃混合气的形成与燃烧	214
第六节 典型化油器	169	二、燃烧室	215
一、CAH101 型化油器	169	第三节 喷油器	218
二、东风神龙富康化油器	174	一、孔室喷油器	218
三、BJH201 型化油器	179	二、轴针式喷油器	219
四、CAH212 型化油器	182	三、低惯量喷油器	220
五、化油器的操纵	184	第四节 喷油泵	221
第七节 汽油供给装置	185	一、喷油泵的分类与系列	221
一、汽油箱	185	二、国产 A 型喷油泵	222
二、汽油滤清器	187	三、国产 II 号喷油泵	226
三、汽油泵	188	四、P 型喷油泵	228
三、电动汽油泵	189	五、转子分配式喷油泵简介	228
第八节 空气滤清器及进、排气装置	191	第五节 调速器	230
一、空气滤清器	192	一、两速调速器	231
二、进气管与排气管	192	二、全速调速器	233
三、混合气的预热装置	194	第六节 喷油提前角调节装置	236
四、排气消声器	194	一、联轴节	236
第九节 化油器式发动机燃料供给系的故障		二、喷油提前角自动调节器	237
诊断与检测	195	第七节 柴油机供给系的辅助装置	238
一、不来油或来油不畅	195	一、柴油滤清器	238
二、混合气过稀	196	二、输油泵	239
三、混合气过浓	196	第八节 PT 燃油供给系统	240
四、怠速不良	198	一、PT 燃油供给系统	240
五、加速不良	199	二、PT 燃油泵	240
六、加浓不良	200	三、喷油器	242
第十节 汽油机燃料系的维护	202	第九节 废气涡轮增压器	243
一、空气滤清器的维护	202	一、废气涡轮增压器	243
二、汽油滤清器的维护	202	二、废气涡轮增压器的构造	243
三、汽油泵的维护	202	第十节 柴油机燃料供给系的检修	245
四、汽油泵的检测	202	一、输油泵的检修	245
第十一节 化油器的维护	204	二、柴油滤清器的清理与检修	246
一、化油器的解体和清洗	204	三、喷油泵总成的检修	246
二、化油器的调整	207	四、喷油器的检修	249
第十二节 排气控制装置的维修	210	第十一节 柴油机燃料供给系常见油路故障	
一、曲轴箱通风装置(PCV 阀)的检修	210	的诊断	250
二、进气恒温控制系统的检修	211	一、低压油路不畅	250
三、蒸发污染控制系统的检修	212	二、高压油路不畅	252
第七章 柴油机燃料供给系的构造与		三、柴油机工作粗暴	252
维修	213	四、压缩温度过低	252
第一节 柴油机燃料供给系的功用		五、超速	253
及组成	213	六、游车	256
一、柴油机燃料供给系的功用	213	七、个别缸工作不良	256

第八章 发动机点火系	258	第三节 电子控制的汽油喷射系统	305
第一节 蓄电池点火系的组成与工作原理	258	一、电控汽油喷射系统的组成	305
一、蓄电池点火系的组成	258	二、电控汽油喷射系统主要装置的构造	
二、蓄电池点火系的工作原理	260	与原理	306
第二节 蓄电池点火系主要元件	261	三、电控汽油喷射系统的发展	310
一、分电器	261	第四节 电喷发动机燃料供给系的故障	
二、点火线圈	266	诊断与检查原则	312
三、火花塞	267	第五节 电喷发动机供给系常见故障	
第三节 电子点火系的组成与工作原理	269	原因分析	313
第四节 微型计算机控制的电子点火系	273	一、发动机不能起动	313
第五节 汽车电源	275	二、发动机冷车起动困难	314
一、蓄电池	275	三、发动机热车起动困难	314
二、发电机	277	四、发动机起动后又熄火	315
第六节 点火提前	280	五、发动机怠速不稳	315
第七节 点火正时的调整与实验	281	六、发动机进气管回火	315
第八节 触点式及电子式点火系故障的		七、排气管放炮	316
诊断	283	八、发动机怠速过高	316
一、确定故障是在高压电路还是在低压		九、发动机间歇熄火	316
电路	283	第六节 电喷发动机故障检查	316
二、低压电路断路故障的诊断	284	第七节 汽油喷射系统部件的常见故障及	
三、低压电路的短路及搭铁故障	285	检查方法	318
四、高压电路故障的诊断	287	一、空气流量传感器的常见故障及检查	318
第九章 发动机的装配、调整与磨合	289	二、辅助空气阀的常见故障及检查	320
第一节 发动机的装配与调整	289	三、节气门体与节气门位置传感器的	
一、基本要求	289	常见故障及检查	321
二、装配顺序与调整	289	四、汽油泵的常见故障及检查	321
第二节 发动机的磨合	290	五、汽油泵控制电路的常见故障及检查	322
一、发动机磨合的意义	290	六、喷油器的常见故障及检查	323
二、磨合规范	291	七、喷油器驱动电路的故障检查	323
第三节 发动机总成修理竣工技术条件	292	八、冷起动喷油器与热时间开关的常见	
*第十章 汽油喷射系统	294	故障及检查	324
第一节 汽油喷射系统概述	294	九、水温传感器的常见故障及检查	325
第二节 机械控制汽油喷射系统	299	十、氧传感器的常见故障及检查	325
一、机械控制汽油喷射系统的基本装置	299	十一、冷起动喷油器控制电路的故障	
二、机械控制汽油喷射系统的辅助		检查	326
调节装置	303	参考文献	327

第一章 发动机的工作原理和总体构造

第一节 发动机的分类

发动机是将其他形式的能量转变为机械能的机器。将热能转变为机械能的发动机,称为热力发动机(简称热机),其中的热能是由燃料燃烧所产生的。内燃机是热力发动机的一种,其特点是液体或气体燃料和空气混合后直接输入机器内部燃烧而产生热能,然后再转变为机械能。另一种热机是外燃机,如蒸汽机,其特点是燃料在机器外部的锅炉内燃烧,将锅炉内的水加热,使之变为高温、高压的水蒸汽,送至机器内部,使所含的热能转变为机械能。

内燃机与外燃机相比,具有热效率高,体积小,便于移动,起动性能好等优点,因而广泛地应用于飞机、船舶以及汽车、拖拉机、坦克等各种车辆上,但是内燃机一般要求使用石油燃料,同时排出的废气中所含有害气体的成分较高。为解决能源与大气污染问题,目前国内外正致力于排气净化及其他新能源发动机的研究工作。

车用内燃机,根据其将热能转变为机械能的主要构件的形式,可分为活塞式内燃机和燃气轮机两大类。前者又可按活塞运动方式分为往复式活塞式和旋转活塞式两种。往复式活塞式内燃机在汽车上应用最为广泛。旋转活塞式内燃机作为一种车用新型发动机的前景虽然还是存在的,但因在实用中尚未推广,故本书不予介绍。

汽车发动机(专指汽车用活塞式内燃机)可以根据不同的特征来分类。

在发动机内每一次将热能转化为机械能,都必须经过空气吸入、压缩和输入燃料,使之着火燃烧而膨胀作功,然后将生成的废气排出这样一系列连续过程,这种称为发动机的一个工作循环。对于往复式活塞式发动机,可以根据每一工作循环所需活塞行程数来分类。凡活塞往复四个单程完成一个工作循环的称为四冲程发动机;活塞往复二个单程即完成一个工作循环的则称为二冲程发动机。根据所用燃料种类区分,常见的有汽油发动机(简称汽油机)和柴油发动机(简称柴油机)。汽油机中一般是先使汽油和空气在化油器内混合成可燃混合气,再输入发动机气缸并加以压缩,然后用电火花使之点火燃烧发热而作功,所以这种汽油机称为化油器式汽油机。另一种是将汽油直接喷入气缸或进气管内,与空气混合成可燃混合气,再用电火花点燃,这种称为汽油喷射式汽油机。凡是利用电火花使可燃混合气着火的均可称为强制点火式或点燃式发动机。

汽车柴油机所使用的燃料是轻柴油,一般是通过喷油泵和喷油器将柴油直接喷入发动机气缸,和在气缸内经压缩后的空气均匀混合,使之在高温下自燃。这种发动机又称为压燃式发动机,近年来,由于世界能源短缺,人们开始重视代用燃料的研究。研究最多的有甲醇、乙醇、液化石油气等。故又可分为甲醇、乙醇、液化石油气发动机等。

根据冷却方式的不同,发动机可分为水冷式和风冷式两种。

发动机还可按其气缸数分类。仅有一个气缸的称为单缸发动机;有两个以上气缸的称为多缸发动机。多缸发动机还可根据气缸的具体数目及其排列形式进一步分类。

发动机的气缸进气压力一般略低于周围大气压力,但也有利用专门装置(增压器)使进

气压力增高到周围大气压力以上的。后者称为增压发动机,相应地,前者称为非增压发动机。

第二节 四冲程发动机工作原理

一、单缸发动机构造及术语

单缸汽油发动机的基本结构,如图 1-1 所示。

气缸 2 内装有活塞 3,活塞通过活塞销 4、连杆 5 与曲轴 9 相连接。活塞在气缸内作往复运动,通过连杆推动曲轴转动。为了吸入新鲜气体和排出废气,设有进气门 15 和排气门 16。

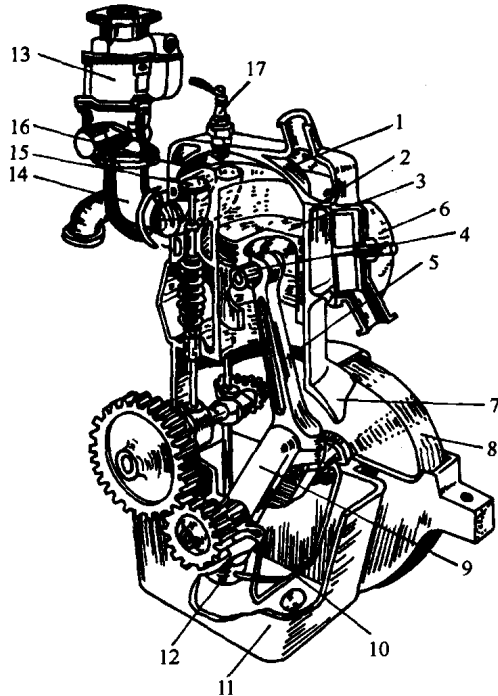


图 1-1 单缸四冲程汽油机构造示意图

1-气缸盖;2-气缸;3-活塞;4-活塞销;5-连杆;6-水泵;7-曲轴箱;8-飞轮;9-曲轴;10-机油管;11-油底壳;12-机油泵;13-化油器;14-进气管;15-进气门;16-排气门;17-火花塞

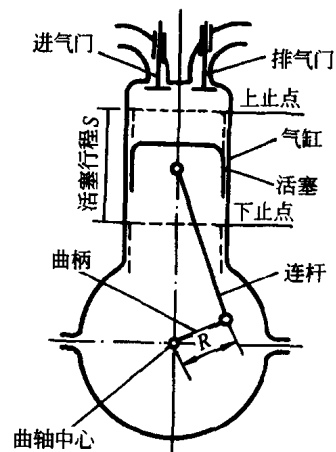


图 1-2 发动机示意图

图 1-2 为发动机示意图。活塞顶离曲轴中心最远处,即活塞最高位置称为上止点。活塞顶离曲轴中心最近处,即活塞最低位置称为下止点。上、下止点间的距离 S 称为活塞行程,曲轴与连杆下端的连接中心至曲轴中心的距离 R 称为曲柄半径。活塞每走一个行程相应于曲轴转角 180° 。对于气缸中心线通过曲轴中心线的发动机,活塞行程 S 等于曲柄半径 R 的 2 倍。

活塞从上止点到下止点所扫过的容积为气缸工作容积或气缸排量,用符号 V_h 表示。多缸发动机各气缸工作容积的总和,称为发动机工作容积(发动机排量),用符号 V_L 表示。

$$V_L = \frac{\pi D^2}{4 \times 10^3} \cdot S \cdot i \quad (\text{L})$$

式中 D ——气缸直径, cm ;

S ——活塞行程, cm ;

i ——气缸数。

活塞在上止点时活塞顶部的容积称为燃烧室容积,用符号 V_c 来表示。活塞在下止点时活塞顶部的容积称为气缸总容积,用符号 V_a 来表示。压缩前气缸中气体的最大容积与压缩后的最小容积之比称为压缩比,用符号 ϵ 表示。换而言之,压缩比 ϵ 等于气缸总容积 V_a 与燃烧室容积 V_c 之比,即 $\epsilon = V_a/V_c = 1 + (V_h/V_c)$

现代汽油机压缩比一般为 6~9 (轿车有的达 9~11)。如东风 EQ6100-1 型汽车发动机的压缩比为 6.7;上海桑塔纳轿车汽油机压缩比为 8.2;富康 RG 轿车用的 TU3F2/K 发动机的压缩比为 8.8。柴油机压缩比一般为 16~22。

二、四冲程汽油机工作原理

四冲程发动机的工作循环包括四个活塞行程,即进气行程、压缩行程、膨胀行程(作功行程)和排气行程。图 1-3 为单缸四冲程汽油机工作循环示意图。

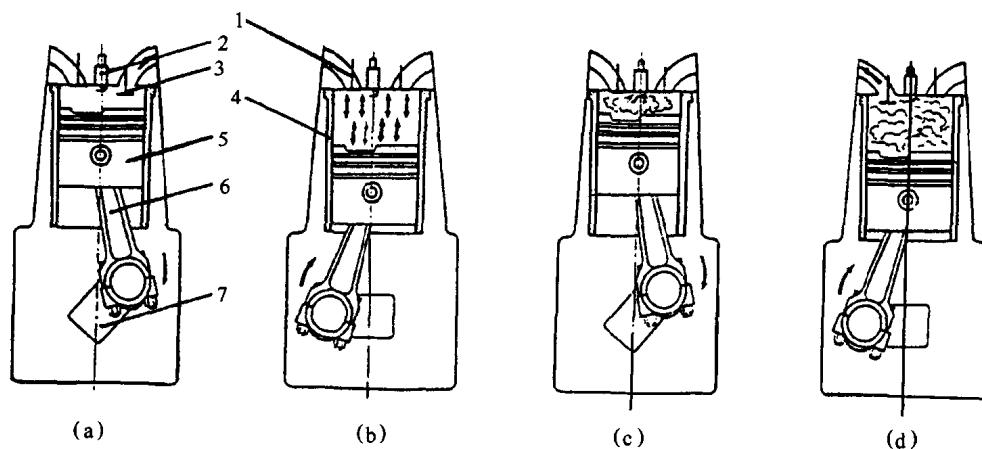


图 1-3 单缸四冲程汽油机工作循环示意图

1-排气门;2-火花塞;3-进气门;4-气缸;5-活塞;6-连杆;7-曲轴

1. 进气行程 (图 1-3a)

化油器式汽油机将空气与燃料先在气缸外部的化油器中进行混合,形成可燃混合气,然后再吸进气缸。

进气行程中,进气门开启,排气门关闭,曲轴带动活塞从上止点向下止点移动,活塞上方的气缸容积增大,从而气缸内的压力降低到大气压力以下,即在气缸内造成真空吸力。这样,可燃混合气便经进气管道和进气门被吸进气缸。由于进气系统有阻力,进气终了时气缸内气体压力约为 0.075~0.09MPa。吸进气缸内的可燃混合气,因与前一循环留下的高温残余废气混合,并与气缸壁、活塞顶等高温机件表面接触,所以在进气行程结束时,气缸内的气体温度将升高到 370~440K。

2. 压缩行程 (图 1-3b)

为使吸进气缸的可燃混合气能迅速燃烧,以产生较大的压力,从而使发动机发出较大功率,必须在燃烧前将可燃混合气压缩,使其容积缩小、密度加大、温度升高,即需要有压缩过程。在这个过程中,进、排气门全部关闭,曲轴推动活塞由下止点向上止点移动。在压缩行程中,随着活塞的上移,气缸上方的容积不断减小,混合气温度、压力因受压缩而升高。到压缩终了时,

可燃混合气的压力会升高到 $0.6\sim 1.2\text{MPa}$ ，温度可达 $600\sim 700\text{K}$ 。

3. 做功行程 (图 1-3c)

在压缩行程后期,当活塞接近上止点时,装在气缸盖上的火花塞即发出电火花,点燃被压缩的可燃混合气。可燃混合气迅速燃烧,放出大量的热能。因此,燃烧气体的温度和压力迅速增加。所能达到的最高压力约为 $3\sim 5\text{MPa}$,相应的最高温度则可达到 $2200\sim 2800\text{K}$ 。

燃料燃烧后所形成的高温高压燃气,推动活塞从上止点向下止点运动,并通过连杆使曲轴旋转,除了用于维持发动机本身继续运转外,其余对外输出做功。随着活塞的不断下行,活塞上方的容积不断增大。气体的温度和压力都会随着容积的不断增大而降低。在做功行程终了时,气缸内的压力约降至 $0.3\sim 0.5\text{MPa}$,温度约为 $1300\sim 1600\text{K}$ 。

4. 排气行程 (图 1-3d)

可燃混合气燃烧后生成废气,必须从气缸内排除,以便进行下一个工作循环的进气行程。当做功行程接近终了时,进气门关闭、排气门开启,靠废气的残余压力进行自由排气,活塞到达下止点后再向上止点运动时,继续将废气强制排到大气中。活塞到上止点附近时,排气行程结束。

排气行程终了时,由于燃烧室容积的存在,气缸内还存有少量废气,气体压力也因排气系统的阻力而高于大气压。此时,压力约为 $0.105\sim 0.115\text{MPa}$,温度约为 $900\sim 1200\text{K}$ 。

综上所述,四冲程汽油机经过进气、压缩、燃烧做功和排气四个行程而完成一个工作循环。这期间活塞在上下止点间往复运动四个行程,相应地曲轴旋转了两周。

三、四冲程柴油机工作原理

四冲程的柴油机(压燃式发动机)和汽油机一样,每个工作循环也经历进气、压缩、做功、排气四个行程。但由于柴油机用的燃料是柴油,其粘度比汽油大,不易蒸发,而其自燃温度却较汽油低,故可燃混合气的形成及点火方式都与汽油机不同。图 1-4 为单缸四冲程柴油机工作循环示意图。

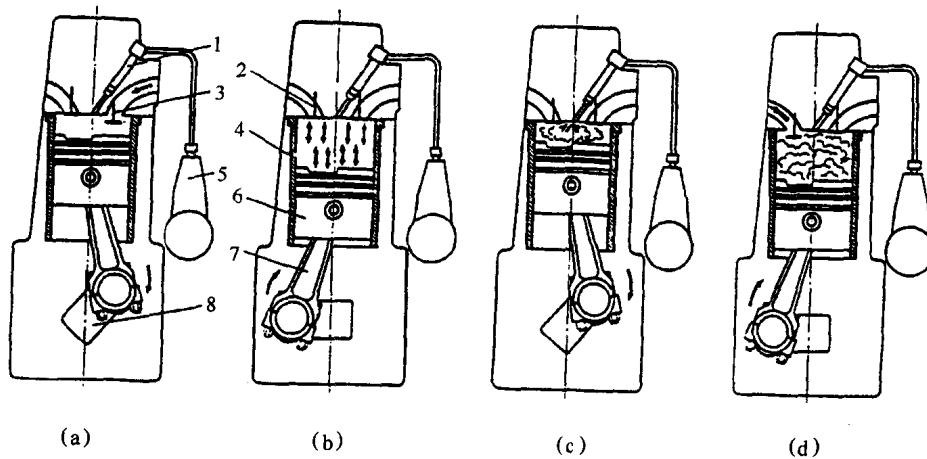


图 1-4 单缸四冲程柴油机工作循环示意图

1-喷油器;2-排气门;3-进气门;4-气缸;5-喷油泵;6-活塞;7-连杆;8-曲轴

柴油机在进气行程吸入的是纯空气。在压缩行程接近终了时,柴油机经喷油泵 5 将油压提高到 10MPa 以上,通过喷油器 1 喷入气缸,在很短时间内与压缩后的高温空气混合,形成可燃混合气。因此这种发动机的可燃混合气是在气缸内部形成的,而不是像汽油机那样,混合气

主要在气缸外面的化油器中形成。

由于柴油机压缩比高（一般为16~22），故压缩终了时气缸内空气压力可达3~5MPa，同时温度高达750~1000K，大大超过柴油的自燃温度，故柴油喷入气缸后，在很短时间内与空气混合后便立即自行发火燃烧。气缸内气压急速上升到6~9MPa，温度也升到2000~2500K。在高压气体推动下，活塞向下运动并带动曲轴旋转而作功，废气同样经排气管排入大气中。

柴油机与汽油机比较，各有特点。汽油机具有转速高（目前轿车用汽油机最高转速达5000~6000r/min，货车用的达4000r/min左右）、质量小、工作时噪声小、起动容易、制造和维修费用低等特点，故在轿车和中、小型货车上及军用越野车上得到广泛的应用。其不足之处是燃油消耗率较高，因而燃料经济性较差。

柴油机因压缩比高，燃油消耗率平均比汽油机低30%左右，且柴油价格较低，所以燃油经济性较好。一般装载质量7t以上的货车大都用柴油机。柴油机的弱点是转速较汽油机低（一般最高转速在2500~3000r/min左右）、质量大、制造和维修费用高（因为喷油泵和喷油器加工精度要求高）。但目前柴油机的这些弱点正在逐渐得到克服，它的应用范围正在向中、轻型货车扩展。国外有的轿车也采用柴油机，其最高转速可达5000r/min。

由此可见，四冲程发动机工作循环的四个活塞行程中，只有一个行程是作功的，其余三个行程则是作功的准备行程。因此，在单缸发动机内，曲轴每转两周中只有半周是由膨胀气体的作用使曲轴旋转，其余一周半则依靠飞轮惯性维持转动，显然，作功行程时，曲轴的转速比其他三个行程内曲轴转速要大，所以曲轴转速是不均匀的，因而发动机运转就不平稳。为了解决这个问题，飞轮必须做得具有很大的转动惯量，而这样做，将使整个发动机质量和尺寸增加。显然，单缸发动机工作振动大。采用多缸发动机可以补救上述缺点。因此现在汽车基本上不用单缸发动机。用得最多的是四缸、六缸和八缸发动机。

在多缸四冲程发动机的每一个气缸内，所有的工作过程是相同的，并按上述同样的次序进行，但所有气缸的作功行程并不同时发生。例如在四气缸发动机内，曲轴每转半周便有一个气缸在作功，在八缸发动机内，曲轴每转四分之一周便有一个作功行程。气缸数愈多，发动机的工作便愈平稳。但发动机缸数增多时，一般将使结构复杂，尺寸及质量增加。

第三节 二冲程发动机工作原理

一、二冲程汽油机工作原理

二冲程汽油机的工作循环是在两个活塞行程内，即曲轴每旋转一周的时间内完成的。图1-5表示一种用曲轴箱换气的二冲程汽油机的工作示意图。

发动机气缸上有三个孔，这三个孔可分别在一定的时刻为活塞关闭。孔1与化油器相通，可燃混合气经孔1流入曲轴箱，继而可经孔3进入气缸内，而废气则可经过与排气管连通的孔2被排出。

图1-5a表示活塞向上运动，到活塞将三个孔都关闭时，开始压缩在上一循环即已进入缸内的可燃混合气，同时在活塞下面的曲轴箱内形成真空度（这种发动机的曲轴箱必须是密封的）。当活塞继续上行时，进气孔1开启。在大气压力作用下，可燃混合气便自化油器流入曲轴箱（图1-5b），活塞接近上止点时（图1-5c），火花塞发出电火花，点燃被压缩的混合气。

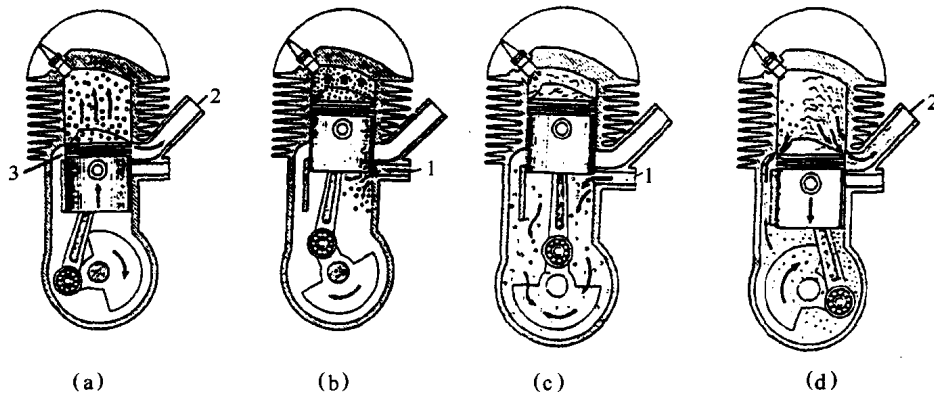


图 1-5 二冲程汽油机工作示意图
1-进气孔;2-排气孔;3-换气孔

高温、高压气体膨胀迫使活塞向下移动。进气孔 1 逐渐被关闭,流入曲轴箱的混合气则因活塞的下移而被预先压缩,当活塞接近下止点时,排气孔 2 开启,废气经过孔 2、排气管、消声器排到大气中,受到预压的新鲜混合气便自曲轴箱经孔 3 流入气缸内,并扫除废气(图 1-5d)。废气从气缸内被新鲜混合气扫除并取代的过程,称为气缸换气过程。故孔 3 称为扫气孔或换气孔。

由上述可知,在二冲程汽油机内,一个工作循环所包含的两个行程是:

第一行程 活塞自下止点向上移动,事先已充入活塞上方气缸内的混合气被压缩,新的可燃混合气又自化油器被吸入活塞下方的曲轴箱内。

第二行程 活塞自上止点向下移动,活塞上方进行着作功过程和换气过程,而活塞下方则进行可燃混合气的预压。

为了防止新鲜混合气大量和废气混合并随废气一起排出气缸而造成浪费,活塞顶做成特殊的形状,使新鲜混合气的气流被引向上部。这样还可以利用新鲜混合气来扫除废气,使排气更为彻底。但是在二冲程汽油机中,要完全避免可燃混合气的损失是很困难的。

二冲程汽油机与四冲程汽油机比较,其主要特点如下:

(1) 曲轴每转一周就有一个作功行程,因此当二冲程发动机的工作容积和转速与四冲程发动机相同时,在理论上它的功率应等于四冲程发动机的 2 倍。

(2) 由于发生作功过程的频率较大,故二冲程发动机的运转比较均匀平稳。

(3) 由于没有专门的配气机构,所以它的构造较简单,质量也比较小。

(4) 使用简便。因为附属机构少,因此易受磨损和经常需要修理的运动部件数量也比较少。

(5) 由于构造上的关系,二冲程发动机最大的缺点是不易将废气自气缸内排除得较干净,并且在换气时减少了有效工作行程。因此在同样的工作容积和曲轴转速下,二冲程发动机的功率并不等于四冲程发动机的 2 倍。只等于 1.5~1.6 倍,而且在换气时有一部分新鲜可燃混合气随同废气被排出,因此,二冲程发动机不如四冲程发动机经济。

由于上述的缺点,二冲程汽油机在汽车上较少被采用。但这种发动机的制造费用低廉,构造简单,重量轻,所以在摩托车上广泛采用。汽车喷射二冲程发动机可以减少扫气损失,改善燃油经济性差的缺点,可望在汽车上得到发展。

二、二冲程柴油机工作原理

二冲程柴油机的工作过程和二冲程汽油机的工作过程相似。所不同的是：进入柴油机气缸的不是可燃混合气，而是纯空气。图 1-6 所示为带有扫气泵的二冲程柴油机工作示意图。

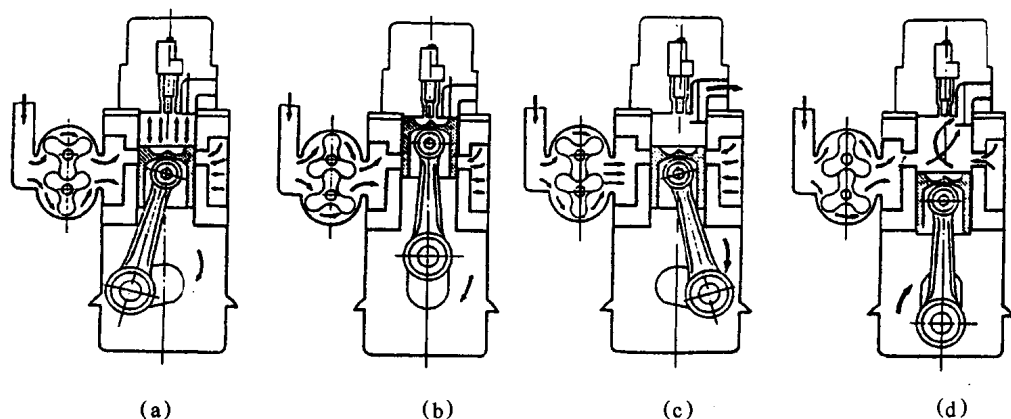


图 1-6 二冲程柴油机工作示意图

空气由扫气泵提高压力以后，经过装在气缸外部的空气室和气缸壁（或气缸套）上的许多小孔进入气缸内，废气经由气缸盖上的排气门被排出。

在第一行程中，活塞自下止点向上止点移动。行程开始前不久，进气孔和排气门均已开启，利用自扫气泵流出的空气（压力约为 $0.12 \sim 0.14 \text{MPa}$ ）使气缸换气（图 1-6a）。当活塞继续向上移动，进气孔被遮盖，排气门关闭，空气受到压缩（图 1-6b）。当活塞接近上止点时，气缸内气压约增到 3MPa ，温度约升至 $850 \sim 1000 \text{K}$ ，高压燃油（约 $17 \sim 20 \text{MPa}$ ）喷入气缸内，这时燃油便自行着火而发生燃烧，使气缸内压力增大（图 1-6c）。

在第二行程中，活塞受燃烧气体膨胀作用自上止点向下止点移动而作功。活塞下行 $2/3$ 行程时排气门开启，排出废气（图 1-6d），此后，气缸内压力降低，进气孔开启，进行换气，换气一直继续到活塞向上移动 $1/3$ 行程的距离，进气孔完全被遮盖为止。

这种形式的发动机称为气门——窗孔直流扫气柴油机，与四冲程柴油机比较，二冲程柴油机的优缺点和上面讨论二冲程汽油机时所指出的优缺点基本相同，但由于二冲程柴油机用纯空气扫除废气，没有燃油损失，经济性较高。

第四节 发动机的总体构造

发动机是一部由许多机构和系统组成的复杂机器。现代汽车发动机的结构形式很多。即使是同一类型的发动机，其具体构造也是各种各样的。我们可以通过一些典型汽车发动机的结构实例来分析发动机的总体构造。下面以东风 EQ6100-1 型发动机为例，介绍四冲程汽油机的一般构造（图 1-7）。

机体组 包括气缸盖、气缸体及油底壳。有的发动机将气缸体分铸成上下两部分，上部分称为气缸体，下部分称为曲轴箱。机体的作用是作为发动机各机构、各系统的装配基体，而且其本身的许多部分又分别是曲柄连杆机构、配气机构、供给系、冷却系和润滑系的组成部分。气缸盖和气缸体的内壁共同组成燃烧室的一部分，是承受高温、高压的机件。在进行结构分析

时,常把机体列入曲柄连杆机构。

曲柄连杆机构 包括活塞、连杆、带有飞轮的曲轴等。这是发动机借以产生动力,并将活塞的直线往复运动转变为曲轴的旋转运动而输出动力的机构。

配气机构 包括进气门、排气门、挺柱、推杆、摇臂、凸轮轴以及凸轮轴正时齿轮(由曲轴正时齿轮驱动)。其作用是使可燃混合气及时充入气缸并及时从气缸排出废气。

燃料供给系 包括汽油箱、汽油泵、汽油滤清器、化油器、空气滤清器、进气管、排气管、排气消声器等。其作用是把汽油和空气混合成成分合适的可燃混合气供入气缸,以供燃烧,并将燃烧生成的废气排出发动机。

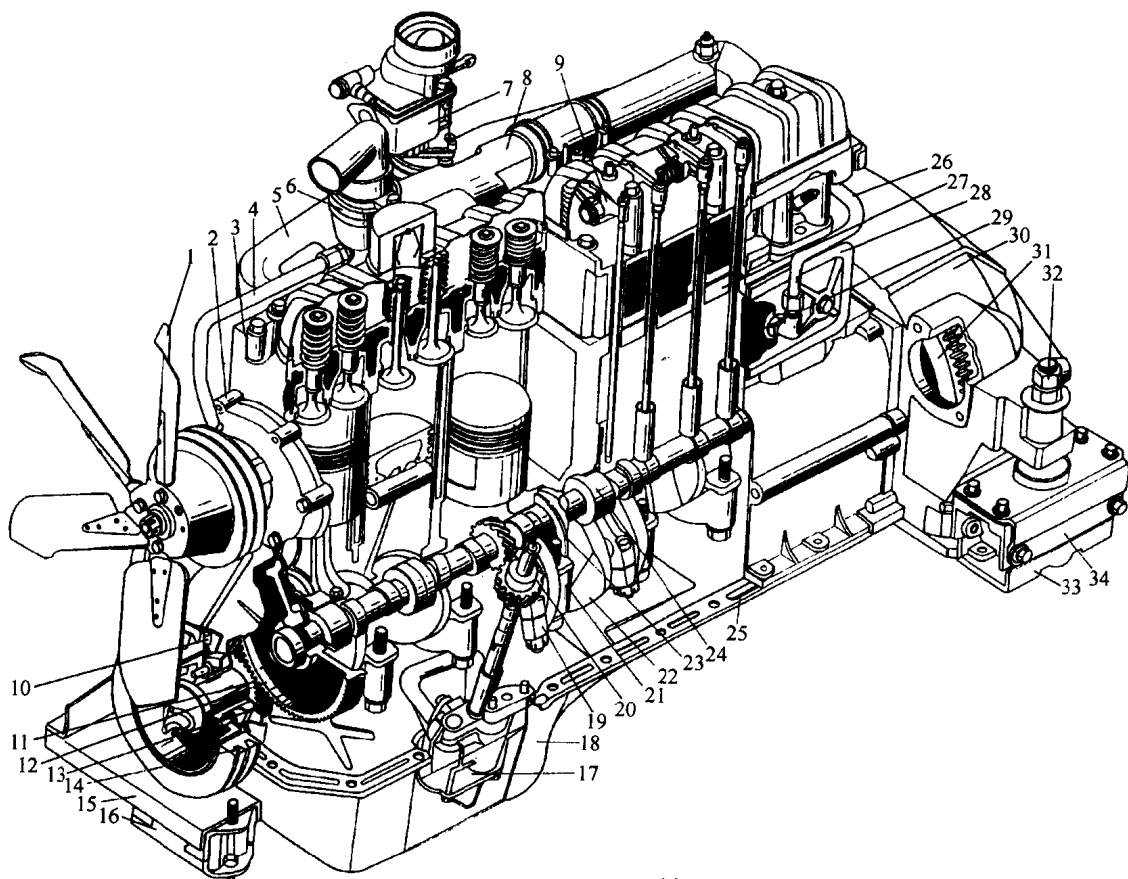
点火系 功用是保证按规定时刻及时点燃气缸中被压缩的混合气。其中包括供给低压电流的蓄电池和发电机。将低压电流变成高压电流的断电器(与分电装置等组合成为分电器)和点火线圈,把高压电流按规定时刻通过分电装置通到各气缸的火花塞等。

冷却系 包括水泵 2、散热器、风扇 1、分水管、气缸体放水阀以及气缸体和气缸盖里铸出的空腔——水套等。其功用是把受热机件的热量散到大气中去,以保证发动机正常工作。

润滑系 包括机油泵、集滤器、限压阀、润滑油道、机油粗滤器、机油细滤器和机油冷却器等。其功用是将润滑油供给作相对运动的零件以减少它们之间的摩擦阻力,减轻机件的磨损,并部分地冷却摩擦零件,清洗摩擦表面。

起动系 包括起动机及其附属装置,用以使静止的发动机起动并转入自行运转。

车用汽油机一般都由上述两个机构和五个系统所组成。



(a)

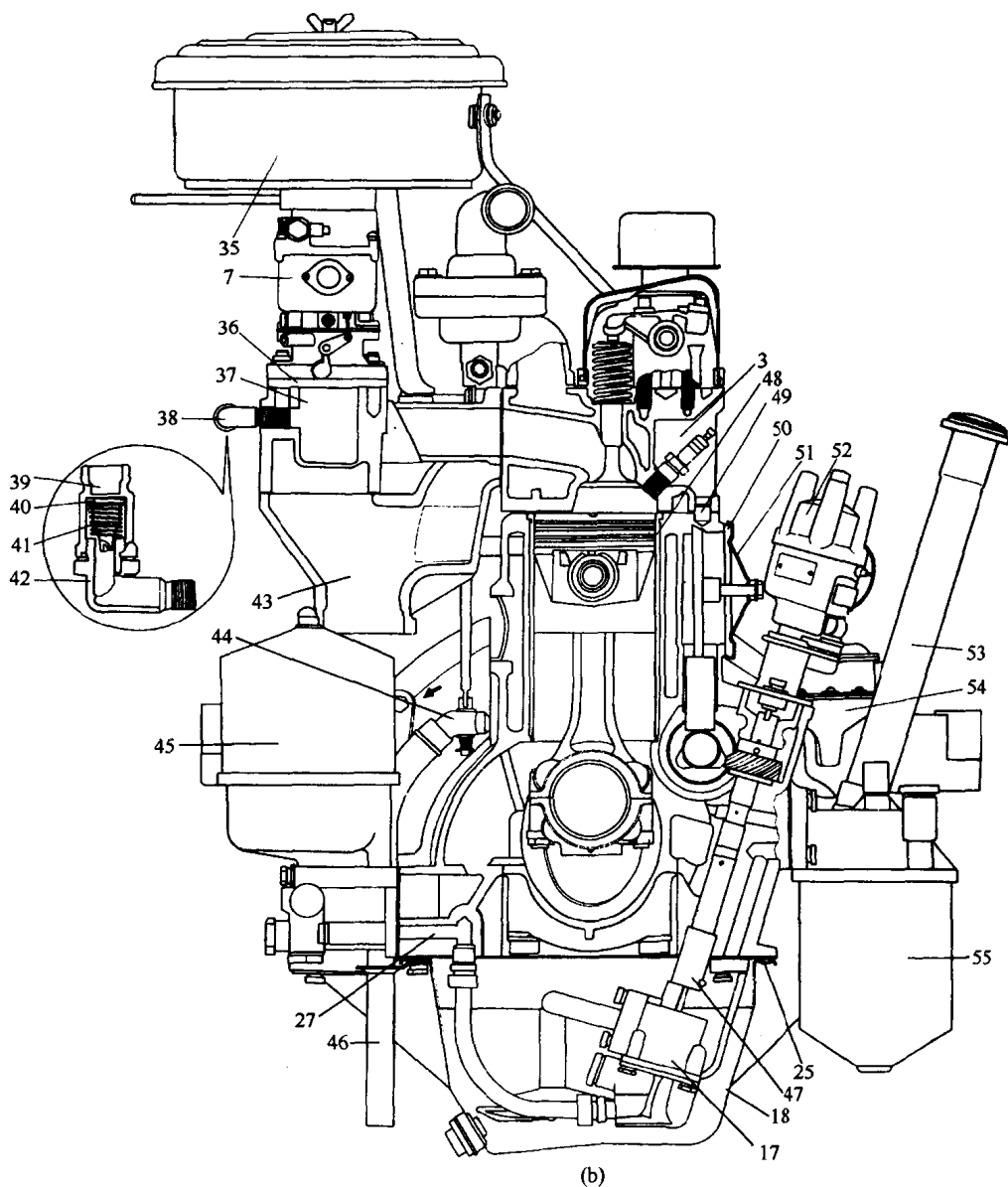


图 1-7 东风 EQ6100—1 型汽油机构造图

1-风扇；2-水泵；3-气缸盖；4-小循环水管；5-进、排气歧管总成；6-曲轴箱通风；7-化油器；8-气缸盖出水管；9-摇臂机构；10-空气压缩机皮带；11-曲轴正时齿轮；12-凸轮轴正时齿轮；13-正时齿轮室盖及曲轴前油封；14-风扇皮带；15-发动机前悬置支架总成；16-发动机前悬置软垫总成；17-机油泵；18-油底壳；19-活塞、连杆总成；20-机油泵、分电器总成；21-主轴承盖；22-曲轴；23-曲轴止推片；24-凸轮轴；25-油底壳衬垫；26-曲轴箱通风管；27-气缸体；28-后挺杆室盖；29-曲轴箱通风挡油板；30-飞轮壳；31-飞轮；32-发动机后悬置螺栓、螺母；33-发动机后悬置软垫；34-限位板；35-空气滤清器；36-绝热垫及衬垫；37-进气管；38-曲轴箱通风单向阀；39-阀体；40-单向阀；41-弹簧；42-弯管接头；43-排气管；44-放水阀；45-细滤器；46-出水软管；47-联轴套；48-气缸套；49-定位销；50-挺杆室衬垫；51-挺杆室盖；52-分电器；53-加机油管和盖；54-汽油泵；55-机油粗滤器

类似结构的北京 BJ2023 型汽车 492QA 发动机如图 1-8 所示。